

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-145928

(43)Date of publication of application : 06.06.1997

(51)Int.Cl.

G02B 6/00

(21)Application number : 07-304676

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 22.11.1995

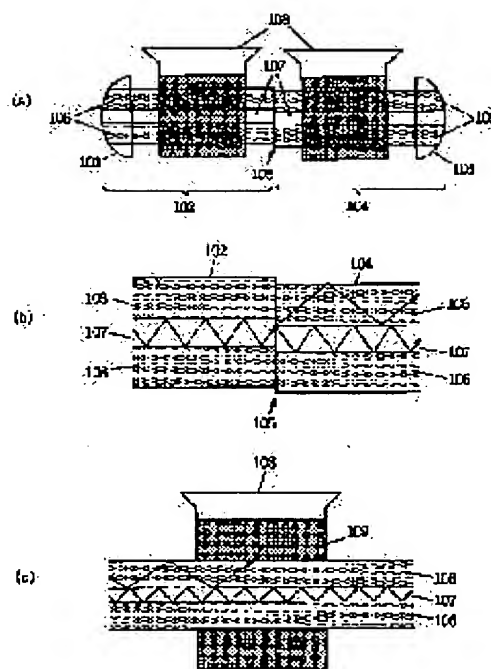
(72)Inventor : TANABE MANABU

(54) OPTICAL ATTENUATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical attenuator which prevents transmission characteristics of a light signal from deteriorating under the influence of mutual interference between core propagation mode light and clad propagation mode light.

SOLUTION: A high-refractive-index liquid 109 in a clad propagation mode removal part 108 installed halfway in a front optical fiber 102 is a material which is much higher in refractive index than the clad part 106 of the front optical fiber 102, and the clad propagation mode light which is propagated in the clad part 106 of the front optical fiber 102 through an input end 101 is not reflected totally by their border surface, but transmitted to the side of the high-refractive-index liquid 109 and attenuates, so that the light does not reach a connection point 105. The clad propagation mode light of a rear optical fiber part 104 is also transmitted to the side of the high-refractive-index liquid 109 in the clad propagation mode removal part 108 and attenuates, so that it does not reach a light projection end 103 either.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

19.03.2001

- [Date of sending the examiner's decision of rejection] 11.03.2003
- [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
- [Date of final disposal for application]
- [Patent number]
- [Date of registration]
- [Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2003-06101
- [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 10.04.2003
- [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-145928

(43) 公開日 平成9年(1997)6月6日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/00	3 1 1		G 0 2 B 6/00	3 1 1

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平7-304676

(22) 出願日 平成7年(1995)11月22日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 田辺 学

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

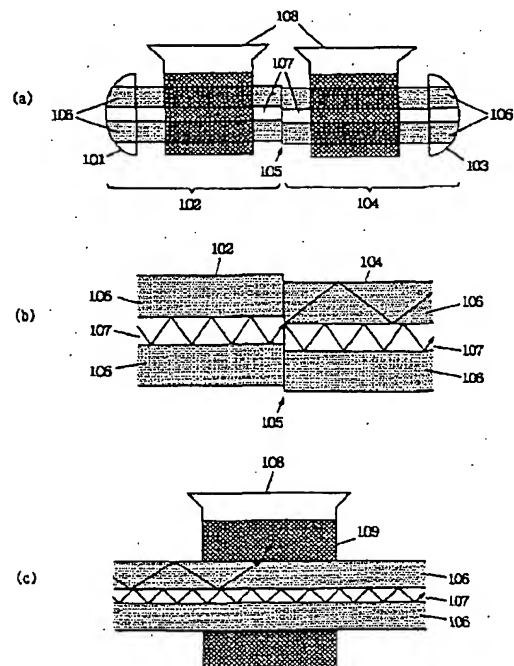
(74) 代理人 弁理士 小笠原 史朗

(54) 【発明の名称】 光減衰器

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 コア伝播モード光とクラッド伝播モード光との相互干渉の影響による光信号の伝送特性の劣化を防止する光減衰器を提供する。

【解決手段】 入力端101を介して前部光ファイバ102のクラッド部106を伝播するクラッド伝播モード光は、前部光ファイバ102の途中に設置されたクラッド伝播モード除去部108の高屈折率液109は、クラッド部106よりも十分に屈折率の高い物質で、クラッド伝播モード光は、それらの境界面においては全反射されずに高屈折率液109側に透過され、クラッド伝播モード光は減衰し接続点105に到達しない。後部光ファイバ104のクラッド伝播モード光もまた、クラッド伝播モード除去部108の高屈折率液109側に透過され、クラッド伝播モード光は減衰し光出射端103に到達しない。



コア伝播モード光とクラッド伝播モード光との相互干渉の影響による光信号の伝送特性の劣化を防止する光減衰器を提供する。

コア伝播モード光とクラッド伝播モード光との相互干渉の影響による光信号の伝送特性の劣化を防止する光減衰器を提供する。

コア伝播モード光とクラッド伝播モード光との相互干渉の影響による光信号の伝送特性の劣化を防止する光減衰器を提供する。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射した光信号を所定量減衰させて出射する装置であって、
光信号を入射する入射側光ファイバと当該光信号を出射する出射側光ファイバとを含んでおり、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバの接続点において、接続損失を大きくし光信号を減衰する減衰手段と、
前記入射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去するクラッド伝播光除去手段とを備える、光減衰器。

【請求項 2】 入射した光信号を所定量減衰させて出射する装置であって、
光信号を入射する入射側光ファイバと当該光信号を出射する出射側光ファイバとを含んでおり、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバの接続点において、接続損失を大きくし光信号を減衰する減衰手段と、
前記出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去するクラッド伝播光除去手段とを備える、光減衰器。

【請求項 3】 入射した光信号を所定量減衰させて出射する装置であって、
光信号を入射する入射側光ファイバと当該光信号を出射する出射側光ファイバとを含んでおり、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバの接続点において、接続損失を大きくし光信号を減衰する減衰手段と、
前記入射側光ファイバおよび前記出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去するクラッド伝播光除去手段とを備える、光減衰器。

【請求項 4】 前記入射側光ファイバおよび前記出射側光ファイバのコア部の中心軸が直径方向に互いにずらされて接続されていることを特徴とする、請求項 1～3 のいずれかに記載の光減衰器。

【請求項 5】 前記入射側光ファイバと前記出射側光ファイバとにおいて、いずれか一方のコア部の径は、いずれか他方のコア部の径よりも大きいことを特徴とする、請求項 1～3 のいずれかに記載の光減衰器。

【請求項 6】 前記クラッド伝播光除去手段は、前記入射側光ファイバおよび前記出射側光ファイバのクラッド部の屈折率に対して充分高い屈折率を有する液体状物質を有しており、
前記入射側光ファイバおよび／または前記出射側光ファイバのクラッド部は、当該クラッド部の全周を所定の長さにおたつて前記液体状物質によって浸されていることを特徴とする、請求項 1～5 のいずれかに記載の光減衰器。

【請求項 7】 前記クラッド伝播光除去手段は、前記入射側光ファイバおよび前記出射側光ファイバのクラッド部の屈折率に対して高い屈折率を有する物質を有しており、
前記入射側光ファイバおよび／または前記出射側光ファイバのクラッド部には、当該クラッド部の全周を所定の長さにおたつて前記物質が付着されていることを特徴とする、請求項 1～5 のいずれかに記載の光減衰器。

【請求項 8】 前記クラッド伝播光除去手段は、前記入射側光ファイバおよび／または前記出射側光ファイバの途中に、熔融型光部品または導波路型光部品を光コネクタを用いることなく挿入される、請求項 1～5 のいずれかに記載の光減衰器。

【請求項 9】 前記入射側光ファイバおよび前記出射側光ファイバは、コア部とクラッド部とを有しており、前記クラッド伝播光除去手段は、前記入射側光ファイバおよび／または前記出射側光ファイバの一部分において、クラッド部が除去されている、請求項 1～5 のいずれかに記載の光減衰器。

【請求項 10】 前記入射側光ファイバおよび前記出射側光ファイバは、コア部とクラッド部とを有しており、前記クラッド伝播光除去手段は、
純粋石英からなるコア部と、
純粋石英に屈折率を低下させるための物質をドーブしたクラッド部、または、純粋石英に屈折率を低下させるための物質と、電離放射線を照射したとき光信号波長帯に光吸収を生じる物質とをドーブしたクラッド部とを含み、
前記クラッド伝播光除去手段の一部または全体には、充分な線量の電離放射線が照射されていることを特徴とする、請求項 1～5 のいずれかに記載の光減衰器。

【請求項 11】 前記入射側光ファイバおよび前記出射側光ファイバは、コア部とクラッド部とを有しており、前記クラッド伝播光除去手段は、前記入射側光ファイバおよび／または前記出射側光ファイバ光信号波長帯において、光吸収あるいは光散乱させる物質が混入されたクラッド部である、請求項 1～5 のいずれかに記載の光減衰器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光減衰器に関し、より特定的には、固定的な減衰量を有しており、歪み・雑音を新たに発生することなく光信号を減衰する光減衰器に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、光伝送システムに設置される受光素子や光部品に過大な光信号が入射されるのを防ぐこと、または、上記の受光素子や光部品に最適な光信号を入射することを目的として、入射した光信号を固定的に設定された減衰量だけ減衰させて出射する光減衰器が、光伝送システムには用いられている。

【0003】上記のような光減衰器を構成するために、次に例示するような方式の光減衰器が考えられ実現されてきた。

(例 1) 熔融型 2×2 分岐器において、それぞれ 2 つず

つある光信号の入出力端のうちそれぞれ1つずつを無反射終端したもの

(例2) 光ファイバから出射した放射光を第1のレンズによって平行光線に変換した後、再度第2のレンズによって平行光線を収束させる、いわゆるコリメート系において、第1と第2のレンズの間に光を吸収・減衰させる物質を挿入したもの

(例3) 2本の光ファイバを接続する際、互いのコア部分の中心軸を直径方向にずらして融着などの方法で接続し、接続損失を大きくしたもの

(例4) コア部分の径が互いに異なる2本の光ファイバを融着などの方法で接続し、接続損失を大きくしたもの
上記(例3)および(例4)のように、2本の光ファイバの接続損失を大きくすることで光信号を減衰させる光減衰器のことを、以下の説明においては「ファイバ光減衰器」と称することとする。

【0004】次に、この「ファイバ光減衰器」とこれを用いた光伝送システムについて説明する。以下には、上記(例3)に示した「ファイバ光減衰器」について説明する。図5(a)は、「ファイバ光減衰器」と、これを用いた光伝送システムの構成例を示すブロック図である。図5(a)において、光伝送システムには、光信号を出射する光源素子の一例としての半導体レーザ501と、光減衰器502(図示は2つ)と、入射した光信号を分岐・増幅などする光部品503と、光信号を入射する受光素子504とが、光ファイバ伝送路505によって接続されている。光ファイバは、高屈折率のコア部が低屈折率のクラッド部に覆われた構造を有している。そのため、光信号はコア部内で全反射を繰り返しながら伝送される。したがって、2本の光ファイバにおけるコア部の中心軸をその直径方向に互いにずらして融着などの方法で接続すると、前段の光ファイバを伝送されてきた光信号は、後段の光ファイバへの入射を制限される。これによって、前段の光ファイバと後段の光ファイバとを接続する際、ずらす量などを調節すると光減衰器を構成することができる。光減衰器502は、このような構成による光減衰器であり、光入射端5021に入射された光信号を伝送する前部光ファイバ5022と、前部光ファイバ5022から入射された光信号を光出射端5024まで伝送する後部光ファイバ5023を含む。前部光ファイバ5022と後部光ファイバ5023とは、上述したように、接続点5025において互いにずらして接続されている。図5(b)は、光減衰器502における前部光ファイバ5022と後部光ファイバ5023との接続点5025付近の拡大図である。図5(b)において、前部光ファイバ5022および後部光ファイバ5023は、前述したように、コア部5026とクラッド部5027を含む。前部光ファイバ5022のコア部5026を伝播してきた光信号5061の一部は、そのまま後部光ファイバ5023のコア部5026に入射さ

れ、後部光ファイバ5023を伝播される(光信号5062参照)。しかしながら、光信号5061の残りは、後部光ファイバ5023のクラッド部5027に入射される(光信号5063参照)。このクラッド部5027に入射された光信号5063が損失となり、光信号5026は減衰されたこととなる。

【0005】上記のように構成された光伝送システムにおいて、半導体レーザ501から出射された光信号は、光ファイバ伝送路505内を伝送され、光減衰器502に入射される。光減衰器502は、上述したように光信号を所定量減衰させ光部品503に出射する。光部品503は、上述した機能を有しており、光信号を2分岐したり、あるいは増幅したりした後、再度光ファイバ伝送路505に出射する。光ファイバ伝送路505内を伝送された光信号は、光減衰器502に入射される。光減衰器502は、光信号を減衰し受光素子504に出射する。

【0006】上述した「ファイバ光減衰器」は、前述の(例4)に示した構成とすることも可能である。光減衰器502において、後部光ファイバ5023のコア部5026の径を前部光ファイバ5022のコア部5026の径よりも小さくすることにより、所定の減衰量を得ることができる(図6(a)参照)。逆に、後部光ファイバ5023のコア部5026の径を前部光ファイバ5022のコア部5026の径よりも太くすることによっても、所定の減衰量を得ることができる(図6(b)参照)。

【0007】この「ファイバ光減衰器」は、以下に示す特徴を有しているため光伝送システム、特に反射を嫌い、伝送される光信号の歪みをできるだけ小さくする必要のあるSCM(Sub-Carrier Multiplexing)伝送方式を用いた光伝送システムへの適用が有効と考えられている。

(1)「ファイバ光減衰器」の構成上、光ファイバ端が存在しないため光信号の反射が生じない。したがって、多重反射の影響による「マルチパス」(詳細は後述)による光信号の伝送特性が劣化しない。

(2)「ファイバ光減衰器」は、光伝送システムの敷設場所において上述した前部光ファイバと後部光ファイバとを接続することもできる。したがって、上記の敷設場所において所定の減衰量に調節することが可能となり、光伝送システムの半導体レーザ(以下、LDと称する)の光出力を簡単に調整することができる。そのため、LDを光出力の歪みなどが最小となるバイアス駆動電流で使用する事ができる。もし、「ファイバ光減衰器」以外の減衰量固定の光減衰器を光伝送システムに適用し、上記のようなLDの光出力調整を行う場合、ある程度の設定誤差を許容したとしても減衰量の異なる光減衰器が多種多数必要となる。また、減衰量可変の光減衰器ならば、上記のようなLDの光出力調整は正確かつ簡単に

える。しかしながら、減衰量可変の光減衰器は、値段が高いこと、サイズが大きいこと、減衰量の設定が時間経過・振動などでずれたりすることなどの欠点があるので、実際の光伝送システムには使用されない。

【0008】ところで、SCM伝送方式においては、まず、伝送すべき電気信号で搬送波が変調される。この変調された電気信号で半導体レーザなどの光源素子から出射される光が直接光強度変調され光信号に変換される。この光信号が光ファイバ伝送路内を伝送される。このSCM伝送方式を用いた光伝送システムにおいて、歪み・雑音特性などの光信号の伝送特性を劣化させる原因の1つに、多重反射に代表されるマルチパスの影響がある。以下、マルチパスについて、多重反射を例に採り上げて説明する。

【0009】複数の反射点を有する光ファイバ伝送路に、SCM伝送方式による光信号を伝送させるとき、光信号の受信点である受光素子には、反射点において反射せずに直接受光素子に到達した光信号（以下、直接光と称する）と、反射点において偶数回反射してから受光素子に到達した光信号（以下、遅延光と称する）とが存在する。すなわち、光信号の送信点である光源素子から受光素子までの経路（光路）には、直接光信号の経路と遅延光信号の経路とが存在することとなる。これが、「マルチパス」と呼ばれる現象であり、無線伝送システムにおいてはよく起こる現象である。多重反射して受光素子に到達した遅延光は、直接光と比較して、反射点間距離の往復の分だけ経路が長くなるため、到達時間に遅れが生じることとなる。また、通常各反射点における光信号の反射量は、反射点において全反射するわけではないので（開放端における反射量；約-15 dB、通常の光コネクタにおける反射量；約-25～-30 dB）、直接光と遅延光との間にはある程度の光電力レベル差も生じる。

【0010】上記のように直接光と遅延光とは、受光素子への到達時間および光電力以外は全く同じ信号であるため、受光素子において相互に干渉する（自己遅延ホモダイン）。その結果、直接光と遅延光とのビートが電気信号の周波数領域に生じることとなる。SCM伝送方式を用いた光伝送システムにおいては、このビートが雑音・歪み妨害となって伝送特性を劣化させるという問題点があった。この多重反射による伝送特性劣化については、以下に示す実験や理論解析などの報告がすでになされている。

(1) 「A. Lidgard and N. A. Olsson, "Generation and Cancellation of Second-Order Harmonic Distortion in Analog Optical System by Interferometric FM-AM conversion", IEEE Photonic Techn

ology Letters, Vol. 2, No. 1, pp519-521, 1990」

(2) 「J. H. Angenent, I. P. D. Ubens, and P. J. de Waard, "DISTORTION OF A MULTICARRIER SIGNAL DUE TO OPTICAL REFLECTIONS," ECOC'91, IOOC'91, WeC8-4, 1991」

このマルチパスが引き起こす伝送特性の劣化は、多重反射ばかりでなく、光ファイバ伝送路上に物理的に複数の経路（光路）が存在すれば、大なり小なり必ず発生する。光伝送システムにおいて、光信号は通常光ファイバ伝送路のコア部を上述したように伝播する。このコア部を伝播する光信号を、以下の説明においては「コア伝播モード光」と称することとする。ところが、光ファイバ伝送路の途中に、以下（a）～（c）に該当する箇所が存在すると、コア伝播モード光が光ファイバ伝送路のクラッド部に入射され、クラッド部を伝播する光信号が生じることとなる。このクラッド部を伝播する光信号を、以下の説明においては「クラッド伝播モード光」と称することとする。

（a）光源素子から出射された光を集光し光ファイバ伝送路に入射する箇所

（b）光ファイバ伝送路から一度出射された光を再度光ファイバ伝送路に入射する箇所

（b）に該当するような箇所として、例えば、光減衰器、光フィルタ、光分岐器、光分波器などの光部品が光ファイバ伝送路に挿入されている箇所や、光ファイバなどを光コネクタを用いて接続する際、その光コネクタどうしがフィジカルコンタクトとなっていない光コネクタの接続点などこの光コネクタがフィジカルコンタクトしない例としては、図7に示すような端面研磨の際に生じる光コネクタ端面における光ファイバ部分のへこみ（ギャップ）や、光コネクタのPC研磨時の端面の曲率中心軸とコア中心軸とのズレなどがある。

（c）光ファイバ伝送路が小さな曲率で何重にも曲げられ巻かれている箇所このクラッド伝播モード光は、コア伝播モード光の一部がクラッド部に入射されたことにより生じるため、コア伝播モード光と比較してその光電力レベルは小さいものである。また、クラッド伝播モード光とコア伝播モード光とは、光路が異なるため受光素子への到達時間も異なるものとなる。さらに、このクラッド伝播モード光もまた、上記（a）～（c）に該当する箇所が存在すると、再びコア部に入射され、コア部を伝播する光信号となる。この光信号はコア部を伝播する光信号ではあるが、一時的にでもクラッド部を伝播したために受光素子への到達時間は、常にコア部を伝播してきたコア伝播モード光の到達時間と異なることとなる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述したファイバ光減

衰器は、前述した特徴を有しているために光伝送システム（特に、SCM伝送方式による光伝送システム）への適用性に優れている。しかしながら、図5（b）に示すように、前部光ファイバ5022と後部光ファイバ5023とは、それぞれのコア部の中心軸をその直径方向に互いにずらして接続されており、前部光ファイバ5022のコア部5026を伝播してきた光信号の一部を後部光ファイバ5023のクラッド部5027へと放射することにより所定の減衰量を得るような構成を有している。したがって、クラッド伝播モード光が生ずることとなる。逆に、前部光ファイバ5022のクラッド部を伝播してきた光信号（光信号5064）の一部が、後部光ファイバ5023のコア部5026に入射されることもある（光信号5065）。すなわち、後部光ファイバ5023には、そのコア部5026とクラッド部5027とに複数の光路が存在することとなる。図6に示すような構成を有する光減衰器においても、同様のことが起こり得る。これは、前述した「マルチパス」と同様の現象であるため、このような光信号が受光素子へ到達すると、2つの光信号のビートが電気信号の周波数領域に生じ、雑音・歪み妨害による光信号の伝送特性が劣化するという問題点があった。このビートの大きさは、伝播してきた光信号の偏波によって変動するため、光ファイバ伝送路の状態・周囲温度の変化・光信号の波長変動などの微妙な違いあるいは変動によって変化する。この雑音・歪み妨害は、そのビートの大きさの変化に応じて変動し、時間的に不安定になる。

【0012】それゆえに、本発明の目的は、光伝送システムの受光素子においてコア伝播モード光とクラッド伝播モード光との相互干渉の影響による、光信号の伝送特性の劣化を防止する光減衰器を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段および発明の効果】以下には、上記目的を達成するための本発明の構成を示すが、後述する実施形態との対応関係を明確にするために、本発明で採用される各構成要素には、対応する部分に参照番号を付しておく。ただし、この参照番号は、あくまでも理解を容易にするためおよび参考のために付されるのであって、本発明の特許請求の範囲を限定的に解釈するものではないことを予め指摘しておく。

【0014】第1の発明は、入射した光信号を所定量減衰させて出射する装置であって、光信号を入射する入射側光ファイバ（102）と当該光信号を出射する出射側光ファイバ（104）とを含んでおり、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバの接続点（105）において、接続損失を大きくし光信号を減衰する減衰手段（101～107）と、入射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去するクラッド伝播光除去手段とを備える。上記のクラッド伝播光除去手段は、入射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去するので、入

射側光ファイバと出射側光ファイバとの接続点にはクラッド部を伝播する光信号が入射されない。そのため、入射側光ファイバのクラッド部を伝播してきた光信号が、出射側光ファイバのコア部に入射することがなくなる。したがって、少なくとも、光伝送システムの光信号受信点に設置される受光素子に入射される光信号においては、コア部を伝播してくる光信号の経路は一つである。そのため、その干渉が原因で生じる伝送信号の周波数領域におけるノイズ・歪み妨害などの伝送特性への悪影響を少なくすることができる。

【0015】第2の発明は、入射した光信号を所定量減衰させて出射する装置であって、光信号を入射する入射側光ファイバ（102）と当該光信号を出射する出射側光ファイバ（104）とを含んでおり、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバの接続点（105）において、接続損失を大きくし光信号を減衰する減衰手段（101～107）と、出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去するクラッド伝播光除去手段とを備える。上記のクラッド伝播光除去手段は、出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去するので、出射側光ファイバの出射端にはクラッド部を伝播する光信号が入射されない。そのため、光伝送システムの光信号受信点に設置される受光素子に入射される光信号においても、クラッド部を伝播して入射する光信号は少なくなる。したがって、光ファイバのコア部を伝播して入射する光信号との干渉も少なくなる。そのため、その干渉が原因で生じる伝送信号の周波数領域におけるノイズ・歪み妨害などの伝送特性への悪影響を少なくすることができる。

【0016】第3の発明は、入射した光信号を所定量減衰させて出射する装置であって、光信号を入射する入射側光ファイバ（102）と当該光信号を出射する出射側光ファイバ（104）とを含んでおり、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバの接続点（105）において、接続損失を大きくし光信号を減衰する減衰手段（101～107）と、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去するクラッド伝播光除去手段とを備える。まず、クラッド伝播光除去手段は、入射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去するので、入射側光ファイバと出射側光ファイバとの接続点にはクラッド部を伝播する光信号が入射されない。そのため、入射側光ファイバのクラッド部を伝播してきた光信号が、出射側光ファイバのコア部に入射することがなくなる。さらに、クラッド伝播光除去手段は、出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号をも除去するので、出射側光ファイバの出射端にはクラッド部を伝播する光信号が入射されない。そのため、光伝送システムの光信号受信点に設置される受光素子に入射される光信号において、コア部を伝播してくる光信号の経路は1つであり、クラッド部を伝播して入射する光

信号はなくなる。したがって、この受光素子に入射される光信号は、光伝送システムにおける光ファイバ伝送路のコア部を単一の経路によって伝播してくることとなる。これによって、受光素子において、他の光信号との干渉がなくなるため伝送信号の周波数領域におけるノイズ・歪み妨害などの伝送特性への悪影響を少なくすることができる。

【0017】第4の発明は、第1～第3のいずれかの発明において、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバのコア部の中心軸が直径方向に互いにずらされて接続されていることを特徴とする。

【0018】第5の発明は、第1～第3のいずれかの発明において、入射側光ファイバと出射側光ファイバとにおいて、いずれか一方のコア部の径は、いずれか他方のコア部の径よりも大きいことを特徴とする。

【0019】第6の発明は、第1～第5のいずれかの発明において、クラッド伝播光除去手段(108)は、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバのクラッド部の屈折率に対して充分高い屈折率を有する液体状物質(109)を有しており、入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバのクラッド部は、当該クラッド部の全周を所定の長さにならって液体状物質によって浸されていることを特徴とする。上記の液体状物質は、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバのクラッド部の屈折率に対して充分高い屈折率を有しているため、入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を減衰させ除去することができる。

【0020】第7の発明は、第1～第5のいずれかの発明において、クラッド伝播光除去手段(201)は、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバのクラッド部の屈折率に対して高い屈折率を有する物質(202)を有しており、入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバのクラッド部には、当該クラッド部の全周を所定の長さにならって物質が付着されていることを特徴とする。上記の物質は、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバのクラッド部の屈折率に対して高い屈折率を有しているため、所定の長さが充分長ければ入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を減衰させ除去することができる。

【0021】第8の発明は、第1～第5のいずれかの発明において、クラッド伝播光除去手段は、入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバの途中に、溶融型光部品または導波路型光部品を光コネクタを用いることなく挿入される。上記の溶融型光部品または導波路型光部品は、入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバのコア部を伝播する光信号の伝播モードのみを有するため、クラッド部を伝播する光信号を出射することがない。そのため、入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を減衰させ除去することができる。

【0022】第9の発明は、第1～第5のいずれかの発明において、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバは、コア部とクラッド部とを有しており、クラッド伝播光除去手段(301)は、入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバの一部分において、クラッド部が除去されている。上記のように入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバの一部分においてクラッド部を除去すると、クラッド部を伝播する光信号はこの除去された部分において外部へと出射される。外部へと出射された光信号は拡散されるため再度クラッド部へ入射されることはないため、入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去することができる。

【0023】第10の発明は、第1～第5のいずれかの発明において、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバは、コア部とクラッド部とを有しており、クラッド伝播光除去手段は、純粋石英からなるコア部と、純粋石英に屈折率を低下させるための物質をドープしたクラッド部、または、純粋石英に屈折率を低下させるための物質と、電離放射線を照射したとき光信号波長帯に光吸収を生じる物質とをドープしたクラッド部とを含み、クラッド伝播光除去手段の一部または全体には、充分な線量の電離放射線が照射されていることを特徴とする。上記のような構成を有する光ファイバに電離放射線を照射すると、クラッド部に電子を遊離させることができる。この遊離された電子は格子欠陥にトラップされてカラーセンタとなる。このカラーセンタは、光信号波長帯において光を吸収する。これによって、入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去することができる。

【0024】第11の発明は、第1～第5のいずれかの発明において、入射側光ファイバおよび出射側光ファイバは、コア部とクラッド部とを有しており、クラッド伝播光除去手段は、入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバ光信号波長帯において、光吸収あるいは光散乱させる物質が混入されたクラッド部である。上記のような構成を有する光ファイバのクラッド部に光信号が入射されると、上記の物質の作用により、この光信号は吸収され、または散乱させられる。これによって、入射側光ファイバおよび/または出射側光ファイバのクラッド部を伝播する光信号を除去することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1の実施例に係る光減衰器(ファイバ光減衰器)を説明するための参考図である。図1(a)は、第1の実施例に係る光減衰器の全体構成を示す図である。図1(a)において、光減衰器は、光入射端101に入射された光信号を伝送する前部光ファイバ102と、前部光ファイバ102から入射された光信号を光出射端103まで伝送する後部光ファイバ104と、クラッド伝播モード光除去部108

とを備える。前部光ファイバ102と後部光ファイバ104とは、高屈折率のコア部106が低屈折率のクラッド部107で覆われた構造を有している。また、前部光ファイバ102と後部光ファイバ104とは、接続点105において、互いのコア部106の中心軸が、それらの直径方向に互いにずらされて融着などの方法で接続されている。クラッド伝播モード光除去部108は、クラッド部107の屈折率に対して十分に屈折率の高い材料である高屈折率液109を含んでおり、クラッド部106を伝播する光（以下、クラッド伝播モード光と称する）を除去する。このクラッド伝播モード光除去部108は、前部光ファイバ102および／または後部光ファイバ104に設置されている（図1（a）には、前部光ファイバ102および後部光ファイバ104に設置されている場合を図示）。より具体的には、前部光ファイバ102および／または後部光ファイバ104がクラッド伝播モード光を除去するのに十分な長さにならば、クラッド部106の周囲を、高屈折率液109で浸されたものである。例えば、クラッド部106の屈折率が約1.46であった場合、高屈折率液109としてジョードメタン（屈折率 $n=1.74$ ）、 α プロモナフタレン（ $n=1.66$ ）、セダ油（ $n=1.52$ ）、ベンゼン（ $n=1.50$ ）などが使用可能である。

【0026】図1（b）は、図1（a）に示す光減衰器の接続点105近傍における、光信号の伝播の態様を説明するための参考図である。

【0027】図1（c）は、図1（a）に示す光減衰器のクラッド伝播モード光除去部108近傍の縦断面図であり、さらにこの部分における、光信号の伝播する態様を説明するための参考図である。

【0028】以下、図1を参照して、第1の実施例に係る光減衰器における、光信号の伝播する態様を説明する。前段の光ファイバ伝送路（図示せず）から伝播してきた光信号は、入力端101を介して前部光ファイバ102に入射される。前部光ファイバ102に入射された光信号は、主にコア部107の内部を伝播するコア部伝播モード光であるが、一部の光信号は、クラッド部106の内部を伝播するクラッド伝播モード光である。コア部伝播モード光は、接続点105までコア部107を前述したように伝播する。クラッド伝播モード光は、クラッド部106と光ファイバ外部との境界面およびコア部107との境界面でほぼ全反射され、クラッド部106内部を伝播する。本実施例に係る光減衰器において、前部光ファイバ102の途中に設置されたクラッド伝播モード除去部108は、その内部を含む高屈折率液109とクラッド部106とは前述のような屈折率の関係を有している。したがって、クラッド伝播モード光は、クラッド伝播モード光除去部108に覆われた部分に到達すると、クラッド伝播モード除去部108とクラッド部106との境界面においては全反射されずに高屈折率液

109側に透過される。そのため、クラッド伝播モード光は、クラッド伝播モード光除去部108に覆われた部分においてはクラッド部106を伝播されず減衰していく。さらに、クラッド伝播モード光除去部108は、クラッド伝播モード光を除去するのに十分な長さを有しているため、クラッド伝播モード光除去部108以降においてはクラッド伝播モード光はなくなる。そのため、前部光ファイバ102に設置されたクラッド伝播モード光除去部108を通過した時点における光信号は、コア部伝播モード光のみとなる（図1（c）参照）。

【0029】このコア伝播モード光は、前部光ファイバ102のコア部107を伝播し接続点105に到達する。光信号は、接続点105においては前部光ファイバ102と後部光ファイバ104とが前述したように接続されている。そのため、一部の光信号は後部光ファイバ104のクラッド部106に入射され、残りの光信号は後部光ファイバ104のコア部107に入射される（図1（b）参照）。コア部107に入射された光信号は、そのまま後部光ファイバ104のコア部107内を前述したように伝播し、光出射端103から再度光ファイバ伝送路（図示せず）に出射される。一方、後部光ファイバ104のクラッド伝播モード光は、クラッド部106と光ファイバ外部との境界面およびコア部107との境界面でほぼ全反射され、クラッド部106内部を伝播する。しかしながら、クラッド伝播モード光は、クラッド伝播モード光除去部108に覆われた部分に到達すると、前述と同様に高屈折率液109側に透過される。そのため、クラッド伝播モード光は、クラッド部106を伝播せずに減衰していく。したがって、再度クラッド伝播モード光除去部108以降においてはクラッド伝播モード光はなくなる。そのため、この光減衰器の後段に設置される受光素子（図示せず）などには、コア伝播モード光のみが入射されるため、ビートが発生しない。

【0030】なお、上述した実施例においては、クラッド伝播モード光除去部108は、十分な長さにならば前部光ファイバ102および後部光ファイバ104を浸しており、クラッド伝播モード光を完全に除去するような構成にしている。しかしながら、浸されている部分が短くとも、クラッド伝播モード光を除去する効果は十分にある。

【0031】なお、接続損失を大きくし所要の減衰量が得られるように、接続部における2本の光ファイバのうち一方のコア径を他方のコア径より小さくした光減衰器においても本発明の作用は全く同じである。

【0032】図2は、本発明の第2の実施例に係る光減衰器（ファイバ光減衰器）を説明するための参考図である。図2（a）は、第2の実施例に係る光減衰器の全体構成を示す図である。図2（a）において、光減衰器は、光入射端101と、前部光ファイバ102と、光出射端103と、後部光ファイバ104と、クラッド伝播

モード光除去コート201とを備える。なお、図2

(a)においては、図1と同一の構成については、同一の参照番号を付し、その説明を略する。クラッド伝播モード光除去コート201は、クラッド部107の屈折率に対して屈折率の高い材料であるコート物質202を含んでおり、クラッド部106を伝播する光を除去する。このクラッド伝播モード光除去コート201は、前部光ファイバ102および/または後部光ファイバ104に設置されている。より具体的には、前部光ファイバ102および/または後部光ファイバ104が、クラッド伝播モード光を除去するのに十分な長さにならねばならず、クラッド部106の周囲に、コート物質202を付着させたものである。

【0033】図2(b)は、図2(b)に示す光減衰器のクラッド伝播モード光除去コート201近傍の縦断面図であり、さらにこの部分における、光信号の伝播する様子を説明するための参考図である。

【0034】以下、図2を参照して、第2の実施例に係る光減衰器における、光信号の伝播する様子を説明する。これは、基本的に第1の実施例に係る光減衰器における、光信号の伝播する様子と同じものである。すなわち、前部光ファイバ102のクラッド部伝播モード光は、前部光ファイバ102の途中に設置されたクラッド伝播モード除去コート201のコート物質202によって、コート物質202側に透過され放射される。そのため、クラッド伝播モード光は、コート物質202を付着された部分においてクラッド部106を伝播されず減衰していく。したがって、前部光ファイバ102に設置されたクラッド伝播モード光除去コート201を通過した時点における光信号は、コア伝播モード光のみとなる。

【0035】後部光ファイバ104を伝播する光信号は、前部光ファイバ102と後部光ファイバ104とが前述のように接続されているため、後部光ファイバ104のコア部107およびクラッド部106に入射される。コア部107に入射された光信号は、そのまま後部光ファイバ104のコア部107内を伝播し、光出射端103から再度光ファイバ伝送路(図示せず)に出射される。

【0036】一方、後部光ファイバ104のクラッド伝播モード光は、クラッド伝播モード除去コート201のコート物質202によって、コート物質202側に透過され放射される。そのため、クラッド伝播モード光は、コート物質202を付着された部分においてクラッド部106を伝播されず減衰していく。したがって、光出射端103から出射される光信号は、コア伝播モード光のみとなる。そのため、この光減衰器の後段に設置される受光素子(図示せず)などには、コア伝播モード光のみが入射されるため、ビートが発生しない。

【0037】従来の光減衰器に使用される光ファイバとして、クラッド部の周囲のバッファ層(被膜層)にクラ

ッド部より屈折率の高い物質が使われる場合があった。しかしながら、バッファ層に使われる物質には、以下

(a)～(d)に記す要件がある。

(a) 外部からの圧力・摩擦から光ファイバを守るために強いこと

(b) 外力によって損失が増えないように柔らかいこと

(c) 光ファイバに密着して滑りがないこと・簡単に除去できること

(d) 化学的に安定であること

したがって、バッファ層を形成する物質を「屈折率が高い」という点のみで選択することは難しく、どうしてもクラッド部よりわずかに屈折率が高い程度となってしまう。したがって、光減衰器の光ファイバとしてこの種の光ファイバを使用したとき、機器内に格納する等の理由から十分な長さを確保できなかった。そのため、クラッド伝播モード光の除去は不十分であり、従来の光減衰器をSCM伝送方式を用いた光伝送システムに使用することは不適切であった。

【0038】本実施例では、クラッド部106とコート物質202との屈折率差が小さくても、クラッド伝播モード光除去コート201の長さをクラッド伝播モード光を除去するのに十分な長さとするので第1の実施例と同様にクラッド伝播モード光を除去するという十分な効果が得られる。本願発明者が行った実験では、あるメーカーの光ファイバをピグテイルとして使用した場合には、光入射端および光出射端から接続点までの長さが数mあればクラッド伝播モード光の伝送特性への影響をなくすことができたが、他のメーカーの光ファイバでは10m以上にしても完全に影響をなくすことはできなかった。このように、屈折率差の小さいコート物質を使用すると、SCM伝送方式を用いた光伝送システムにおいても上記の長さが必要となる。したがって、本実施例では、光ファイバ長を長くすると収納上の理由等でどうしても曲げなければならなくなる。この曲げの部分において、その曲率等によっては、クラッド伝播モード光が生じることがあるので、屈折率が少しでも高いコート物質202を選択し、光ファイバ長を短くする方がその効果は大きい。

【0039】次に、本発明の第4の実施例に係る光減衰器について説明する。この光減衰器は、図1に示す光減衰器のクラッド伝播モード光除去部108の代わりに、前部光ファイバ102および/または後部光ファイバ104の途中に熔融型光部品または導波路型光部品を光コネクタなどを使用しないで融着などの接続方法で挿入した構成を有する。熔融型光部品とは、2本以上の光ファイバをある箇所を熔融しながらねじり合わせ引っ張り伸ばした光部品であり、通常光分岐器・光分波器として利用される。また、導波路型光部品とは、基板上に光導波路を形成し、この光導波路を光が伝播する光部品であり、光分岐器などの受動部品として利用されるばかりで

なく外部変調器などの能動光部品としても使用される。溶融型光部品または導波路型光部品は、予め定められた伝播モードを有する光信号のみを伝播させる。すなわち、上記の光部品は、前部光ファイバ102および/または後部光ファイバ104のコア部107から入射したコア伝播モード光をそのまま出射し、接続点105または光出射端103に伝播させることができる。しかしながら、前部光ファイバ102および/または後部光ファイバ104のクラッド部106から入射したクラッド伝播モード光は、伝播されることを考慮していないため伝播モードがないので上記の光部品からは出射されず、接続点105または光出射端103に伝播しない。

【0040】上述のように構成された第4の実施例に係る光減衰器の動作は、基本的には従来の光減衰器と同様であるが、本実施例は、第1の実施例と同様に、これらの光部品以前に生じたクラッド伝播モード光を除去し、接続点105光ファイバ出力端に達することを防ぐものである。すなわち、前述のように光部品を光ファイバの途中に挿入することによって、クラッド伝播モード光の通過を阻止し、コア伝播モード光のみを光ファイバ出射部まで伝えることによって、伝送劣化を防ぐ。

【0041】本実施例で光コネクタを使用しないで融着などで光部品を挿入するのは、光コネクタを使用した場合には再びクラッド伝播モード光が発生する可能性があるためである。

【0042】図3は、本発明の第3の実施例に係る光減衰器（ファイバ光減衰器）の全体構成を示す図である。図3において、光減衰器は、光入射端101と、前部光ファイバ102と、光出射端103と、後部光ファイバ104と、クラッド伝播モード光遮断部301とを備える。なお、図3においては、図1と同一の構成については、同一の参照番号を付し、その説明を略する。クラッド伝播モード光遮断部301は、第1の実施例のクラッド伝播モード除去部108と同様に、クラッド伝播モード光遮断部301以降にクラッド伝播モード光を伝播させない趣旨のものである。より具体的には、前部光ファイバ102および/または後部光ファイバ104の一部分のクラッド部106を取り除き、コア部107を外部に露出させたものである。第3の実施例に係る光減衰器における、光信号の伝播する態様を説明する。これは、基本的に第1の実施例に係る光減衰器における、光信号の伝播する態様と同じものである。すなわち、前部光ファイバ102に入射されたクラッド部伝播モード光は、クラッド伝播モード光遮断部301に出射される。クラッド伝播モード光遮断部301において、クラッド伝播モード光は拡散されるため再度クラッド部106に入射されることはなく、接続点105に到達しない。また、後部光ファイバ104に入射されたクラッド伝播モード光もまた、後部光ファイバ104に設置されたクラッド伝播モード光遮断部301において拡散されるため、光

出射端103に到達しない。したがって、光出射端103から出射される光信号は、コア伝播モード光のみとなる。そのため、この光減衰器の後段に設置される受光素子（図示せず）などには、コア伝播モード光のみが入射されるため、ビートが発生しない。

【0043】図4は、本発明の第5の実施例に係る光減衰器（ファイバ光減衰器）を説明するための参考図である。図4（a）は、第5の実施例に係る光減衰器の全体構成を示す図である。図4（a）において、光減衰器は、光入射端101に入射された光信号を伝送する前部光ファイバ102と、前部光ファイバ102から入射された光信号を光出射端103まで伝送する後部光ファイバ104とを備える。前部光ファイバ102と後部光ファイバ104とは、接続点105において、互いのコア部106の中心軸が、それらの直径方向に互いにずらされて融着などの方法で接続されている。さらに、前部光ファイバ102および後部光ファイバ104のコア部107は純粋石英で構成されており、それらのクラッド部106は、純粋石英にフッ素などの屈折率を低下させる物質をドーブしたもので構成されている。また、前部光ファイバ102および後部光ファイバ104のクラッド部106は、屈折率を低下させる物質および電離放射線を照射したときに光信号波長帯に光吸収を生じる物質（例えば、ホウ素やリンなど）を純粋石英にドーブしたものでよい。このように構成された前部光ファイバ102および後部光ファイバ104の全体または一部にγ線などの電離放射線を照射する。

【0044】ところで、光ファイバに電離放射線を照射すると電子が遊離する。この遊離した電子はクラッド部の格子欠陥にトラップされて「カラーセンタ」となる。このカラーセンタは、そのエネルギー順位に応じて可視光から近赤外光にかけての波長の光を吸収する。光ファイバの材質が純粋石英の場合、電離放射線照射中には、それによって生じたカラーセンタが光を吸収する。しかしながら、電離放射線照射後には、カラーセンタが即座に消滅するので光ファイバは元の状態に回復してしまう。ところが、光ファイバの材質が、屈折率を上下させるなどの目的でフッ素やゲルマニウムなどの物質を純粋石英にドーブしたものである場合、電離放射線照射中のカラーセンタによる光吸収の効果は、純粋石英の場合と比較して大きい。さらに、電離放射線照射後においてもカラーセンタは消滅せず、照射前の状態にほとんど回復しないため光吸収の効果は保持されたままである。ここで、光吸収の量は、照射された電離放射線の総線量に比例して大きくなる。

【0045】上記のような構成を有する第5の実施例に係る光減衰器の動作は、基本的には「従来の技術」の欄において説明した光減衰器と同じである。しかしながら、第1の実施例などで記述したのと同様に、光ファイバ伝送路の途中または光ファイバの接続点において生じ

たクラッド伝播モード光は上記のカラーセンタによって吸収されるため、光出射端103にクラッド伝播モード光が到達することを防ぐことができる。これに対し、コア伝播モード光は、コア部が純粋石英で構成されているので上述したようにカラーセンタは消滅しているため吸収などは起こらず、接続点105および光出射端103に到達する。そのため、この光減衰器の後段に設置される受光素子（図示せず）などには、コア伝播モード光のみが入射されるため、ビートが発生しない。

【0046】本実施例に係る光減衰器は、前部光ファイバ102および後部光ファイバ104に照射する電離放射線の総線量が多ければ、これら光ファイバの長さはわずかでもクラッド伝播モード光を除去する効果はあり、逆に十分な長さにならなくても電離放射線をこれら光ファイバに照射すれば、総線量が少なくてもクラッド伝播モード光を除去する効果はある。

【0047】なお、本実施例に係る光減衰器において、電離放射線は、前部光ファイバ102および後部光ファイバ104の接続点105にできる限り近い部分にまで照射すれば本発明の効果をより一層高めることが可能である。

【0048】次に、本発明の第6の実施例に係る光減衰器について説明する。この光減衰器は図5に示す従来の光減衰器と同様の構成を有するが、前部光ファイバおよび／または後部光ファイバのクラッド部には、光信号波長帯において光信号を吸収あるいは散乱させて減衰させるOH基や微小な気泡などが混入されるところが図5に示す従来の光減衰器とは異なる。

【0049】上記のような構成を有する第6の実施例に係る光減衰器の動作は、基本的には「従来の技術」の欄において説明した光減衰器と同じである。しかしながら、第1の実施例などで記述したのと同様に、光ファイバ伝送路の途中または光ファイバの接続点において生じたクラッド伝播モード光は、クラッド部に混入されたOH基や微小な気泡などによって吸収あるいは散乱されるため、光出射端にクラッド伝播モード光が到達することを防ぐことができる。これに対し、コア伝播モード光は、コア部は通常の光ファイバと同一のものであるため吸収などが起こらず、接続点105および光出射端103に到達する。そのため、この光減衰器の後段に設置される受光素子（図示せず）などには、コア伝播モード光

のみが入射されるため、ビートが発生しない。

【0050】なお、第1の実施例におけるクラッド伝播モード光除去部108、第2の実施例におけるクラッド伝播モード光除去コート201、第5の実施例における電離放射線を照射される部分、第6の実施例における物質が混入される部分は、上述したように、前部光ファイバ102および／または後部光ファイバ104の接続点105から離れた部分に設けてもよいが、前部光ファイバ102から後部光ファイバ104にわたって接続点105を含むような態様で設けても前述した効果が変わるものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る光減衰器を説明するための参考図である。

【図2】本発明の第2の実施例に係る光減衰器を説明するための参考図である。

【図3】本発明の第3の実施例に係る光減衰器の全体構成を示す図である。

【図4】本発明の第5の実施例に係る光減衰器を説明するための参考図である。

【図5】従来の光減衰器を説明するための参考図である。

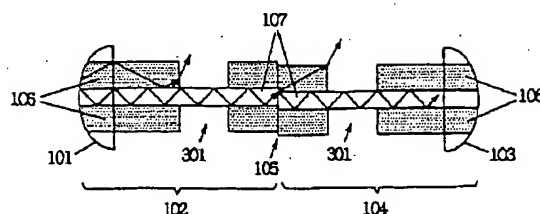
【図6】従来の光減衰器において、コア部分の径が互いに異なる2本の光ファイバを融着などの方法で接続し接続損失を大きくしたもののについて、その接続点近傍の断面を模式的に示し説明する図である。

【図7】通常の光伝送システムに使用されることのあるギャップのある光コネクタ接合の様子を示す図である。

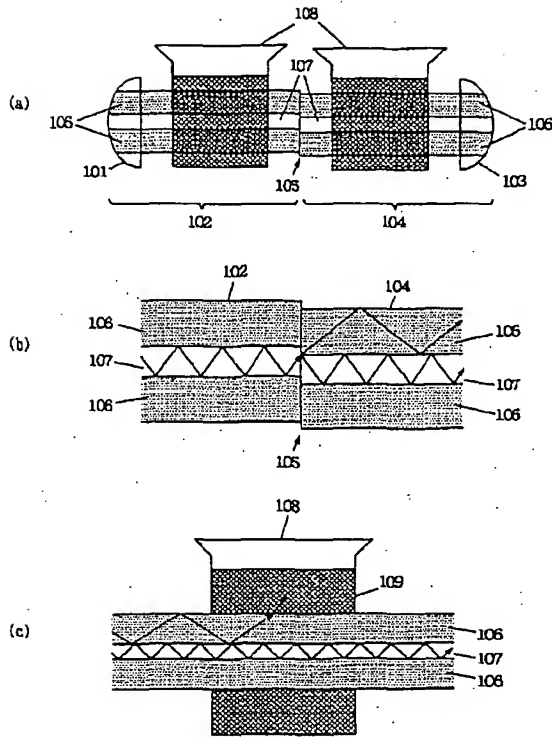
【符号の説明】

- 101…光入射端
- 102…前部光ファイバ
- 103…光出射端
- 104…後部光ファイバ
- 105…接続点
- 106…クラッド部
- 107…コア部
- 108…クラッド伝播モード光除去部
- 109…高屈折率液
- 201…クラッド伝播モード光除去コート
- 202…コート物質
- 301…クラッド伝播モード光遮断部

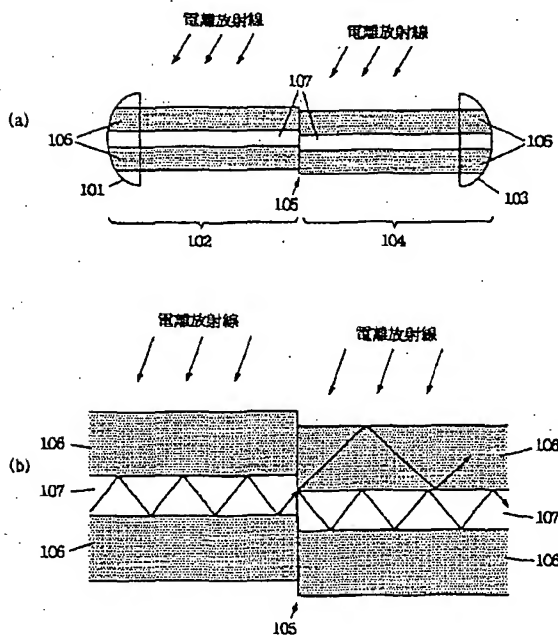
【図3】



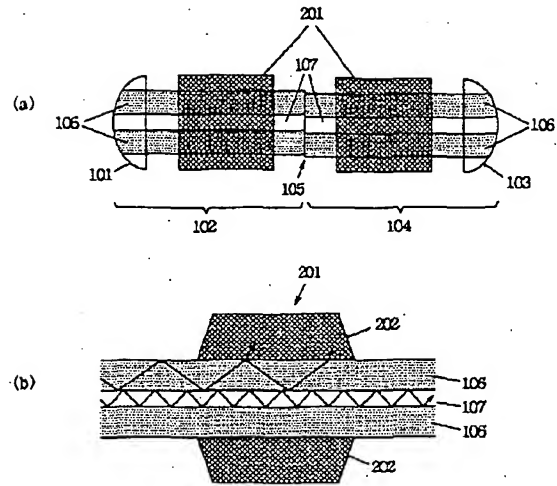
【図 1】



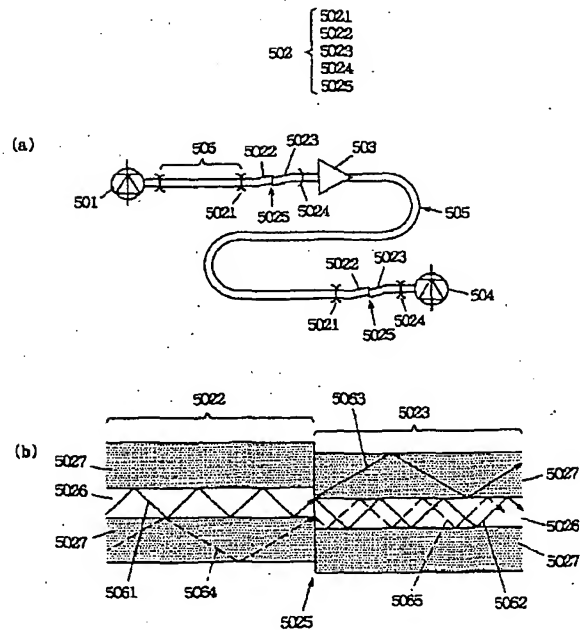
【図 4】



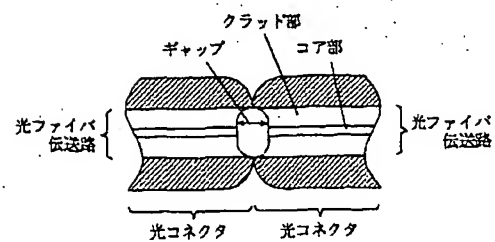
【図 2】



【図 5】



【図 7】



【図 6】

